

⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑯ Offenlegungsschrift
⑯ DE 101 59 801 A 1

⑯ Int. Cl. 7:
F 02 B 37/04

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

⑯ Anmelder:
AUDI AG, 85057 Ingolstadt, DE

⑯ Erfinder:
Sonner, Markus, 85055 Ingolstadt, DE

⑯ Entgegenhaltungen:

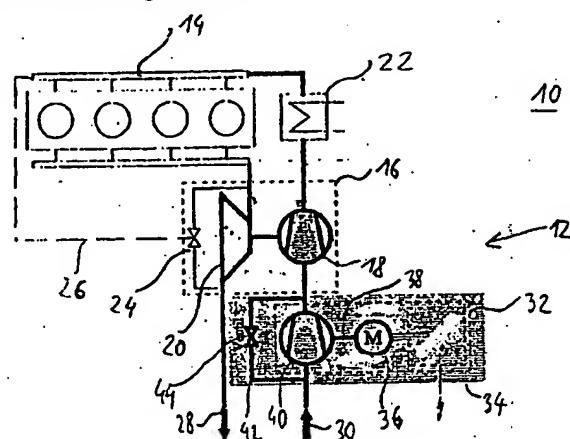
DE 199 05 112 A1
DE 100 23 022 A1
US 49 03 488
JP 2001193468 A;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Verbrennungsmotor und Verfahren zum Betreiben eines Verbrennungsmotors

⑯ Die vorliegende Erfindung betrifft einen Verbrennungsmotor mit mindestens einem Aufladegerät (16), das vom Abgasstrom (28) des Verbrennungsmotors (10) angetrieben wird, und mit einer nach dem Miller-Verfahren verstellbaren Nockenwelle, wobei seriell oder parallel zum Aufladegerät (16) eine weitere Verdichterstufe (32) angeordnet ist, die nicht vom Abgasstrom des Verbrennungsmotors (10) angetrieben wird. Sie betrifft überdies ein Verfahren zum Betreiben eines Verbrennungsmotors mit mindestens einem Aufladegerät (16), das vom Abgasstrom (28) des Verbrennungsmotors angetrieben wird, mit einer nach dem Miller-Verfahren verstellbaren Nockenwelle und einer seriell oder parallel zum Aufladegerät (16) angeordneten weiteren Verdichterstufe (32), die nicht vom Abgasstrom des Verbrennungsmotors (10) angetrieben wird, wobei bei niedrigen Drehzahlen des Verbrennungsmotors (10) der Ladedruck durch Aktivieren der weiteren Verdichterstufe (32) erhöht wird.



DE 101 59 801 A 1

DE 101 59 801 A 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Verbrennungsmotor mit mindestens einem Aufladegerät, das vom Abgasstrom des Verbrennungsmotors angetrieben wird, und mit einer nach dem Miller-Verfahren verstellbaren Nockenwelle sowie ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen Verbrennungsmotors.

[0002] Bei hoch aufgeladenen Ottomotoren ergibt sich bei einer Auslegung mit hoher Verdichtung zur Erzielung guter Wirkungsgrade bei Teillastbetrieb eine starke Klopfbegrenzung, woraus eine späte Umsetzung des Kraftstoff/Luft-Gemisches und eine hohe Standardabweichung der Verbrennungszyklen folgt.

[0003] Zur Vermeidung dieser Nachteile wird beim sogenannten Miller-Verfahren durch veränderliche Schließzeitpunkte der Einlaßventile der Verdichtungszustand je nach Betriebszustand variiert. Das Miller-Verfahren ist beschrieben beispielsweise in R. Pischinger, G. Krasnig, G. Taucar, Th. Sams "Thermodynamik der Verbrennungskraftmaschine", Springer-Verlag, 1989, Seite 296 ff. Mit steigender Last, also mit steigender Aufladung, wird das Einlaßventil immer früher, zum Teil noch vor dem unteren Totpunkt geschlossen, so daß der Zylinder nur unvollständig mit Frischluft gefüllt wird. Noch während des verbleibenden Ansaughubes expandiert die Ladung im Zylinder und kühlt sich dabei ab. Die Verdichtung beginnt auf Kosten einer geringeren Ladungsmasse von einem niedrigeren Druck- und Temperaturniveau aus, die mechanische und thermische Belastung nehmen ab.

[0004] Der Nachteil der verringerten Ladung kann durch höheren Ladedruck kompensiert werden. Betrachtet man den Zustand nach dem Ladeluftkühler unter der Voraussetzung gleicher Ladelufttemperatur bei Abgasturboaufladung und beim Miller-Verfahren, so gilt mit Bezug auf Fig. 1 folgendes: In einem vollkommenen Viertakt-Vergleichsprozess beginnt bei normaler Abgasturboaufladung, siehe Fig. 1 linke Darstellung, die Kompression (1) auf dem Niveau des Ladedrucks (1'). Beim Miller-Verfahren, siehe Fig. 1 rechte Darstellung, sinkt durch das vorzeitige Schließen des Einlaßventils der Zylinderdruck bei Verdichtungsbeginn (1) unter das Niveau des Ladedrucks (1'). Unter der Voraussetzung gleichen Zylinderdrucks bei Verdichtungsbeginn befindet sich nun beim Miller-Verfahren mehr Ladung mit geringerer Temperatur im Zylinder als bei der Abgasturboaufladung. Die dadurch in der Hochdruckphase bei gleichem Luftverhältnis gewonnene Mehrarbeit wird aber zu einem beachtlichen Teil durch die höhere Ladungswechselarbeit wieder aufgebraucht. Deshalb bringt das Miller-Verfahren bei Dieselmotoren nur geringe Vorteile. Es wird daher hauptsächlich bei Ottomotoren angewendet, weil hier die niedrigere Kompressionsendtemperatur echte Vorteile bezüglich des Klopfs bringt und deshalb deutlich höhere Leistungen gefahren werden können.

[0005] Nach dem Miller-Verfahren arbeitende Motoren, die mit extrem frühem oder spätem Einlaß schließen, bedingen damit eine verminderte Ausnutzung des Hubvolumens, was ein geringeres Drehmoment zur Folge hat. Solange ausreichend Abgasmasse vorhanden ist, kann dieser Nachteil durch stärkeres Schließen des Waste-Gates des Abgasturbo-laders ausgeglichen werden. Dadurch erhöht sich der Ladedruck. Der Nachteil dieser Lösung besteht darin, daß bei niedrigen Drehzahlen das Waste-Gate bereits maximal geschlossen ist. Bei nach dem Miller-Verfahren arbeitenden Verbrennungsmotoren führt dies in diesem Betriebsbereich zu einer Verringerung des maximal erreichbaren Drehmoments.

[0006] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht

deshalb darin, einen Verbrennungsmotor der eingangs genannten Art bzw. das eingangs genannte Verfahren derart weiterzubilden, daß bei niedrigen Drehzahlen ein höheres Drehmoment erreicht werden kann.

[0007] Diese Aufgabe wird gelöst durch einen Verbrennungsmotor mit den Merkmalen von Patentanspruch 1 sowie durch ein Verfahren zum Betreiben eines Verbrennungsmotors mit den Merkmalen von Patentanspruch 5.

[0008] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß bei niedrigen Drehzahlen ein höheres Drehmoment erreicht werden kann, wenn die Aufladung des Aufladegeräts durch eine seriell oder parallel zum Abgasturbolader angeordnete weitere Verdichterstufe unterstützt wird, deren Antrieb nicht vom Abgasstrom abhängt. Diese weitere Verdichterstufe kann beispielsweise mechanisch oder elektrisch angetrieben werden. Hierdurch läßt sich bereits bei niedrigen Drehzahlen der Ladedruck des Aufladegeräts, im obigen Beispiel des Abgasturboladers, erhöhen.

[0009] Die zusätzlich durchgesetzte Luftröhre bringt eine Drehmomenterhöhung, und zugleich bedingt der höhere Massenstrom an der Turbine des Aufladegeräts eine höhere Antriebsleistung am Verdichter des Aufladegeräts, wodurch der Leistungsaufwand für die Steigerung des Ladedrucks gering bleibt.

[0010] Unter die Erfindung fällt insbesondere auch die elektrische Unterstützung eines Aufladegeräts, das bei einem Verbrennungsmotor gemäß der Erfindung verwendet wird.

[0011] Bei serieller Anordnung von Aufladegerät und weiterer Verdichterstufe lassen sich die Vorteile der Erfindung sowohl bei Anordnung der weiteren Verdichterstufe vor oder nach dem Aufladegerät realisieren. Wird die zusätzliche Verdichterstufe vor dem Aufladegerät angeordnet, so führt dies dazu, daß dem Aufladegerät Luft mit einem höheren Ladedruck zugeführt wird. Umgekehrt wird bei einer Anordnung der weiteren Verdichterstufe nach dem Aufladegerät bei niedrigen Drehzahlen die Zuführung von Luft an den Verbrennungsmotor im wesentlichen von der weiteren Verdichterstufe übernommen. Bevorzugt wird bei höheren Drehzahlen die weitere Verdichterstufe umgangen, da dann das Aufladegerät infolge des hohen Abgasstroms selbst ausreichend Ladedruck zur Verfügung stellen kann.

[0012] Das Aufladegerät kann einen Abgasturbolader, einen Schraubenverdichter, einen Rootsverdichter oder einen Spirallader oder Kombinationen aus diesen Aufladegeräten zur Erhöhung der Luftzufuhr an einen Verbrennungsmotor umfassen.

[0013] Die weitere Verdichterstufe ist bevorzugt mechanisch oder elektrisch angetrieben und umfaßt insbesondere einen elektrischen Booster.

[0014] Bei der Lösung gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird bei niedrigen Drehzahlen des Verbrennungsmotors der Ladedruck durch Aktivieren der weiteren Verdichterstufe erhöht.

[0015] Bei einer bevorzugten Ausführungsform weist das Aufladegerät ein Waste-Gate auf und die weitere Verdichterstufe wird erst dann aktiviert, wenn das Waste-Gate bereits geschlossen ist und weiterhin eine Differenz zwischen Soll-Drehmoment und Ist-Drehmoment des Verbrennungsmotors besteht.

[0016] Weitere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen definiert.

[0017] Ein Ausführungsbeispiel wird im folgenden unter Hinweis auf die beigefügten Zeichnungen näher beschrieben. Es stellen dar:

[0018] Fig. 1 in schematischer Darstellung pv-Diagramme bei idealer Gleichraum-Gleichdruck-Verbrennung mit herkömmlichem Abgasturbolader (linke Darstellung)

und nach dem Miller-Verfahren (rechte Darstellung), und [0019] Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verbrennungsmotors.

[0020] Fig. 2 zeigt in schematischer Darstellung einen Verbrennungsmotor 10 einschließlich einer Aufladeeinheit 12. Dem eigentlichen Motor 14 wird über einen Abgasturbolader 16, der einen Verdichter 18 und eine Turbine 20, umfaßt über einen Ladeluftkühler 22 Luft zugeführt. Der Motor 14 arbeitet nach dem Miller-Verfahren und umfaßt eine nach dem Miller-Verfahren verstellbare Nockenwelle (nicht dargestellt). Der Abgasturbolader 16 umfaßt weiterhin ein Waste-Gate 24 mit einer Steuerleitung 26, wodurch insbesondere bei hohen Drehzahlen des Motors 14 Luft an der Turbine 20 vorbeigeführt werden kann. Der Pfeil 28 kennzeichnet die den Verbrennungsmotor verlassende Luft. Der Pfeil 30 die in den erfindungsgemäßen Verbrennungsmotor 10 einströmende Luft. Die einströmende Luft durchläuft zunächst einen elektrischen Booster 32, der einen von einer Elektronik 34 gesteuerten Elektromotor 36 mit einer Achse 38 umfaßt, auf der ein Verdichter 40 angeordnet ist. Der elektrische Booster 32 ist seriell zum Abgasturbolader 16 angeordnet. Parallel zum elektrischen Booster 32 ist eine Bypassleitung 42 mit einem Ventil 44 angeordnet. Das Ventil 44 kann ebenfalls von der Elektronik 34 angesteuert werden.

[0021] Funktionsweise: Bei niedrigen Drehzahlen fließt nur ein geringes Volumen an Abgasstrom durch die Turbine 20, weshalb der der Turbine 20 zugeordnete Verdichter 18 nur einen geringen Ladedruck aufbaut. Erfindungsgemäß wird insbesondere in diesem Betriebszustand der Elektromotor 36 aktiviert, was zum Aktivieren des Verdichters 40 führt. Sobald der Verdichter 40 in Betrieb gesetzt ist, stellt er Luft mit einem erhöhten Ladedruck an den Verdichter 18 bereit. Sobald eine Steuerelektronik feststellt, daß der Abgasstrom ausreichend ist, beispielsweise durch Auswertung der Drehzahl des Motors 14, ohne mithilfe des elektrischen Boosters 32 genügend Ladedruck zur Verfügung zu stellen, wird das Ventil 44 geöffnet, so daß der elektrische Booster 32 umgangen wird.

[0022] Der Elektromotor 36 kann vom Generator des Fahrzeugs allein oder von einer Kombination des Generators und der Fahrzeughilfsbatterie gespeist werden. Das Waste-Gate 24 wird geöffnet, wenn beispielsweise anhand der Drehzahl des Motors 14 festgestellt wird, daß der Motor auch ohne Aufladung oder mit reduzierter Aufladung genügend Leistung zur Verfügung stellen kann.

[0023] Bevorzugt wird in dem Fahrzeug eine Differenz zwischen Soll-Drehmoment und Ist-Drehmoment des Verbrennungsmotors ermittelt, das Soll-Drehmoment beispielsweise aus der Stellung des Gaspedals. Der elektrische Booster 32 wird bevorzugt dann aktiviert, wenn das Waste-Gate 24 des Abgasturboladers 16 bereits geschlossen ist und weiterhin eine Differenz zwischen Soll-Drehmoment und Ist-Drehmoment des Verbrennungsmotors besteht.

55

Patentansprüche

1. Verbrennungsmotor mit mindestens einem Aufladegerät (16), das vom Abgasstrom (28) des Verbrennungsmotors (10) angetrieben wird, und mit einer nach dem Miller-Verfahren verstellbaren Nockenwelle, dadurch gekennzeichnet, daß seriell oder parallel zum Aufladegerät (16) eine weitere Verdichterstufe (32) angeordnet ist, die nicht vom Abgasstrom des Verbrennungsmotors (10) angetrieben wird.
2. Verbrennungsmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die weitere Verdichterstufe (32) vor oder nach dem Aufladegerät (16) angeordnet ist.

3. Verbrennungsmotor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufladegerät (16) einen Abgasturbolader, einen Schraubenverdichter, einen Rootsverdichter oder einen Spirallader oder Kombinationen aus diesen Aufladegeräten zur Erhöhung der Luftzufuhr an den Verbrennungsmotor (10) umfaßt.

4. Verbrennungsmotor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die weitere Verdichterstufe (32) ein mechanisch oder elektrisch angetriebenes Aufladegerät, insbesondere einen elektrischen Booster, umfaßt.

5. Verfahren zum Betreiben eines Verbrennungsmotors mit mindestens einem Aufladegerät (16), das vom Abgasstrom (28) des Verbrennungsmotors angetrieben wird, mit einer nach dem Miller-Verfahren verstellbaren Nockenwelle und einer seriell oder parallel zum Aufladegerät (16) angeordneten weiteren Verdichterstufe (32), die nicht vom Abgasstrom des Verbrennungsmotors (10) angetrieben wird, wobei bei niedrigen Drehzahlen des Verbrennungsmotors (10) der Ladedruck durch Aktivieren der weiteren Verdichterstufe (32) erhöht wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufladegerät ein Waste-Gate (24) aufweist und die weitere Verdichterstufe (32) erst dann aktiviert wird, wenn das Waste-Gate (24) bereits geschlossen ist und weiterhin eine Differenz zwischen Soll-Drehmoment und Ist-Drehmoment des Verbrennungsmotors besteht.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

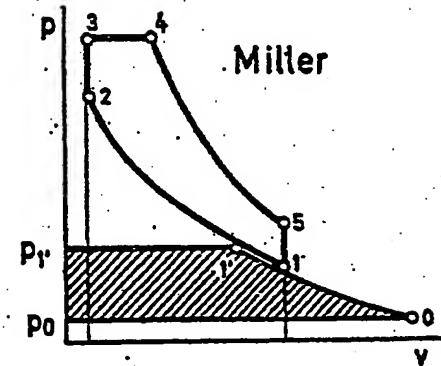
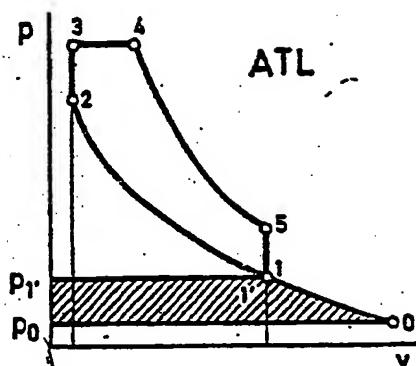


Fig. 1
(SdT)

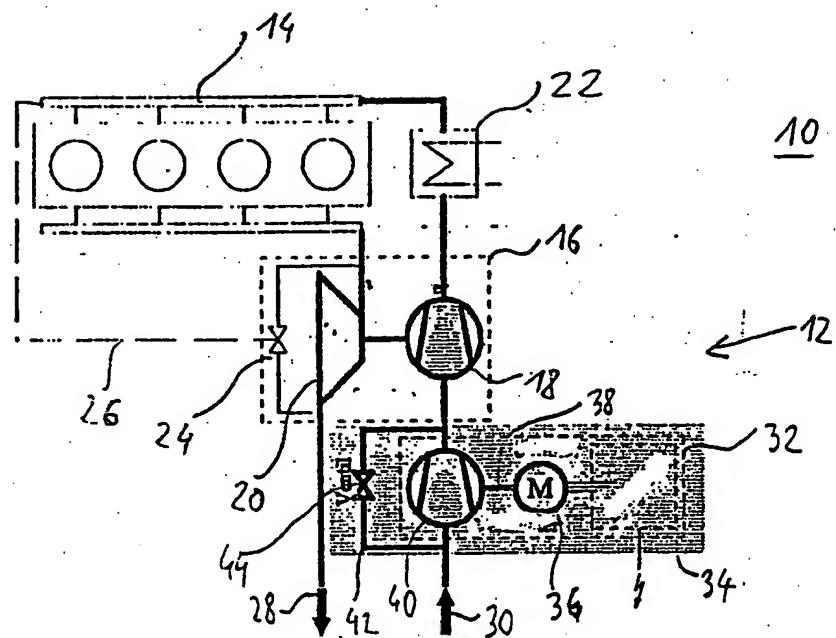


Fig. 2

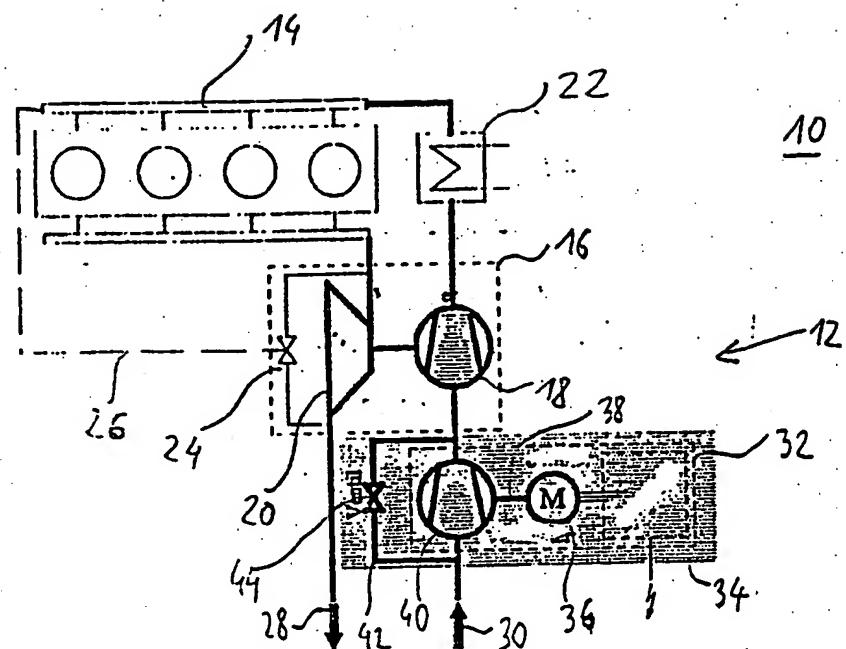


Fig. 2